

海桑育苗技术及其幼苗生长规律的研究*

廖宝文 郑德璋 郑松发 李云 郑馨仁 黄仲琪

摘要 对红树植物海桑采种期、播种与育苗技术, 幼苗生长规律及其与主要环境因子的关系进行研究。结果表明: 海南省东寨港海桑采种期以第一次果成熟的7~8月份为最佳; 用本土(海泥)和客土(营养土)均可作床播种, 但移植时后者比前者苗高提高26.8%; 容器育苗基质以配制营养土为最佳, 培育的苗木粗壮, 出圃时苗木合格率达98.4%, 海泥其次, 红壤土最差; 苗高与地径年生长过程具较明显的后期生长, 变化规律可用 $Y(t) = 1/(a + be^{-t})$ 曲线方程表达; 用灰色关联分析方法揭示出影响幼苗生长的主导环境因子为海水盐度和降雨量。

关键词 红树林 海桑 育苗技术 生长规律 灰色关联分析

海桑(*Sonneratia caseolaris* (L.) Engl.) 为红树林的一个组成树种, 具有生长迅速, 树体高大通直以及防风消浪效能显著等特性, 是目前海岸前缘防护林主要优良造林树种之一。但有关海桑育苗技术的研究在国内外未见报道, 育苗技术欠缺。为此, 对其种子发芽条件、育苗技术、种子贮藏等进行了系统研究。本文在摸清海桑种子发芽条件^[1]的基础上, 对其育苗技术作进一步总结报道。

1 研究内容与方法

1.1 采种

1.1.1 采种期确定 采用物候观测方法^[2]确定最佳采种期, 连续观测3 a。

1.1.2 种子处理 浆果采集后在室内堆放数天使其软化, 然后将其捣烂用清水漂洗出种子, 湿润放入纱网内置于阳台见自然光2~3 d后播种。

1.2 苗圃地选择与播种试验

1.2.1 苗圃地选择 在海南省东寨港, 风浪小、盐度较低、潮水能够涨漫到并且有淡水供应的中高潮木榄(*Bruguiera gymnorhiza* (L.) Lam.) 稀疏天然林内, 然后砍伐多余的树枝用敌敌畏或呋喃丹毒杀虫蟹等有害生物。苗圃四周用纱网围拦。

1.2.2 播种试验 采用客土和本土进行播种。

(1) 客土苗床 在苗圃地挖去深约30 cm的表土, 填入用高锰酸钾或福尔马林消毒过的营养土, 苗床稍高于原土。营养土配方见1.3.1(a)。

(2) 本土苗床 将海滩中的枯枝、杂物除去, 把原土翻松作床。

(3) 播种 苗床压平后, 将种子均匀撒于床面, 每平方米播种量在200~230 g(鲜重), 用过筛的营养土覆盖至不见种子即可。

1996—07—17 收稿。

廖宝文助理研究员, 郑德璋, 郑松发, 李云(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520); 郑馨仁, 黄仲琪(海南东寨港国家级自然保护区)。

* 本文为“八五”国家科技攻关专题和1992~1995年国家自然科学基金课题的研究内容之一。参加试验工作的还有海南东寨港国家级自然保护区的陈香、陈建海、陈焕雄等同志。

1.3 容器育苗试验

1.3.1 容器填充基质的选择与配制 育苗容器采用规格 10 cm × 16 cm, 有排水、通气孔的塑料袋, 内填基质选用如下 3 种:

(a) 营养土 由红壤 20%、土杂肥 30%、火烧土 10%、细沙 30%、过磷酸钙 3%、椰糠 7% 混合而成, 用 0.3% ~ 0.5% 的高锰酸钾或福尔马林溶液进行消毒, 然后用薄膜覆盖沤熟, 再装入育苗袋备用。

(b) 海泥 直接选用苗圃附近肥沃的海泥装袋(因其内含物质会发生变化, 须在移苗入袋前一个来月备好)。

(c) 红壤土 选用保护区陆地上除去表土(0 ~ 20 cm) 后的红壤土装袋。

3 种基质的营养成分见表 1。

1.3.2 幼苗移植与苗木培育试验 当苗床中的幼苗长至高约 5 ~ 6 cm 后(出土后约 60 d), 即可移入以上 3 种基质的容器袋内培育, 移植宜选在阴天或晴天的傍晚进行。3 种基质容器苗均置于海滩苗圃内进行培育对比试验。

表 1 3 种基质营养成分分析

| 基 质 | 有机质 (g/kg) | 速效 N 速效 P 速效 K | | | pH |
|-----|---------------|----------------|-------|-------|------|
| | | (mg/kg) | | | |
| 营养土 | 40.7 | 156.2 | 735.5 | 268.9 | 6.02 |
| 海 泥 | 53.3 | 146.0 | 6.8 | 578.9 | 6.09 |
| 红壤土 | 22.1 | 95.7 | 6.1 | 166.6 | 7.15 |

1.4 试验观测

3 种基质苗木各固定 20 ~ 30 株, 隔 15 d 观测一次苗高、地径和叶片数。在苗圃附近安装百叶箱, 观测气温及相对湿度, 在苗床中插入(深 15 cm) 地温表, 并用手持折光仪(盐度计), 每天观测地温、水温和海水盐度变化。苗木出圃前, 不同基质苗木分别随机抽样 3 次, 每次 50 袋, 调查有苗袋数、苗高、地径和叶片数, 然后再总体随机抽样 30 株, 分别测定生物量、苗高和地径, 确定苗木分级指标。

2 结果与分析

2.1 采种育苗试验

2.1.1 最佳采种期 从表 2 可知, 海桑几乎全年均有花果, 但明显的花果期有 2 次, 第一次花期多集中于 3 月中旬至 5 月下旬, 初果为 5 月中旬至 6 月中旬, 果成熟为 6 月下旬至 8 月下旬; 第二次花期集中于 9 月上旬至下旬, 初果 10 月中旬至 11 月中旬, 果成熟为翌年 1 至 2 月中旬。结实量以第一次为最多, 第二次结果量很少。果实采集在其脱落的初中期即 7 ~ 8 月份

表 2 海南东寨港海桑物候

(1993 ~ 1995 年)

| 月份 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 旬期 | 上中下 | 上中下 | 上中下 | 上中下 | 上中下 | 上中下 | 上中下 | 上中下 | 上中下 | 上中下 | 上中下 | 上中下 |
| 物 | a a a | a a a | a a a | a a a | a a a | a a a | a a a | a a a | | | | |
| 候 | | | b b | b b b | b b | c c c | c d d | | | | | |
| 相 | | | | | e e | e e | f f f | f f | | | | |
| | | | | | | g | g g g | g g g | | | | |
| | | | | | | | h h h | h h h | h h h | | | |
| | | | | | | | | | a a a | a a a | a a a | a a a |
| | | | | | | | | | | b b b | b b b | b b b |
| | | | | | | | | | | e e e | f f f | f f f |

注: a——花蕾期; b——始花期; c——盛花期; d——花末期; e——初果期; f——盛果期; g——果成熟期; h——果脱落期。

为最佳,此时果实成熟,种粒饱满,发芽率高。

2.1.2 种实特性 成熟浆果呈浅黄绿色,扁圆形,直径3~7 cm,萼片(5~6片)外翻,萼片与果实之间产生一圈红白色的离层,可闻到甜香味,每果含种子1300~1900粒。种子小,外种皮坚硬,呈黄褐色,种子多浮于水,千粒重5.1~5.32 g。经测定^[1],海桑属需光种子,实验室发芽率为80%~90%,场圃发芽率为66.5%~75.5%。

2.1.3 不同基质苗床对播种发芽的影响 从表3可知,海桑种子在客土和本土上播种,两者开始发芽和出现真叶时间均相同,即播种的第4天开始萌发出土,30 d后出现一对真叶。因此,播种后一个月为海桑播种苗的出苗期。此时苗床除靠每天涨潮时海水浸泡外,退潮后还应浇些淡水,降低盐度,使幼芽出土整齐健壮,提高场圃发芽率。从表3方差分析结果可看出,利用客土播种其发芽率(70.3%)略高于用本土播种(68%),差异不显著,但发芽60 d后的苗高却有显著差异,客土上的苗高(6.24 cm)比本土上的高出26.8%。这与其土质疏松营养较好有关。

表3 不同基质海桑种子发芽试验

(1994年)

| 苗床 | 播种量 (粒) | 重复 | 播种日期 (月—日) | 开始发芽日期 (月—日) | 出现1对真叶日期 (月—日) | 20 d发芽率 (%) | 发芽60 d后苗高 (cm) |
|----|------------|----|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 客土 | 500 | 3 | 07—26 | 07—30 | 08—27 | 70.3 | 6.24 a |
| 本土 | 500 | 3 | 07—26 | 07—30 | 08—27 | 68.0 | 4.57 b |
| F值 | | | | | | 5.3 ^{NS} | 26.0* |

注: NS表示不显著,*表示显著,下同;同列数字后面英文字母相异(a, b)者,表示检验结果差异显著,α=0.05,下同。

2.1.4 容器培养基质对苗木生长的影响 由于大规模海滩育苗,苗圃附近海泥有限,入袋操作不便且海泥营养不均衡等原因,故采用营养土、海泥和陆地红壤土作基质,进行容器育苗对比试验。表4方差分析结果表明,用3种基质培育海桑袋苗,出圃前成苗率差异达极显著,从均数检验结果看,营养土成苗率为92.5%,海泥90%,两者差异不显著,红壤土成苗率却仅有29.5%,与前两种基质的成苗率差异极显著。从苗高、地径、平均单株生物量方差分析和均数检验结果看:3种基质之间均达极显著差异水平,以营养土培育的苗木最好,海泥其次,红壤土培育的苗木最差。其原因主要是,营养土的有机质、速效N、P、K含量丰富,且土质疏松,能满足幼苗生长的需求;海泥虽与营养土相似,但速效P缺乏(仅6.8 mg/kg),影响了幼苗对营养的全面吸收;红壤土则因缺乏营养(见表1),严重影响幼苗的正常生长,因此其苗木生长最差。

表4 不同基质容器苗出圃前(10月苗龄)生长比较

| 基 质 | 成苗率(%) | 苗高(cm) | 地径(cm) | 平均单株生物量(鲜重 g) | | |
|-----|--------|--------|--------|---------------|---------|---------|
| | | | | 地上部分 | 地下部分 | 全 株 |
| 营养土 | 92.5 a | 42.2 a | 1.06 a | 23.64 a | 17.21 a | 40.85 a |
| 海 泥 | 90.0 a | 30.1 b | 0.84 b | 13.66 b | 8.88 b | 22.54 b |
| 红壤土 | 29.5 b | 20.3 c | 0.59 c | 6.45 c | 3.58 b | 10.03 c |
| F值 | 46.4** | 71.3** | 86.0** | 53.4** | 44.9** | 49.4** |

注:**表示差异极显著,下同。同列数字后面英文字母相同者,表示检验结果差异不显著,α=0.05,下同。

2.2 幼苗生长规律

2.2.1 海桑幼苗的生长动态 种子萌发后在苗床上培育60 d后移植到3种基质的容器袋中培育,并对3种基质培育的容器苗(均用客土苗床苗移植)作生长动态观测,以期揭示幼苗生长规律及其与主要环境因子的关系。3种基质的幼苗高度和地径生长过程见图1和图2。

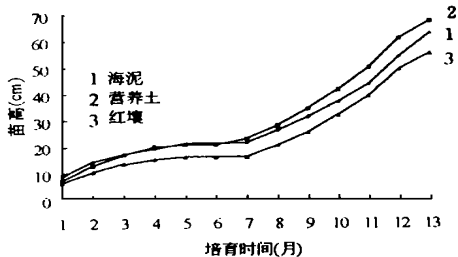


图 1 不同基质海桑苗高生长过程

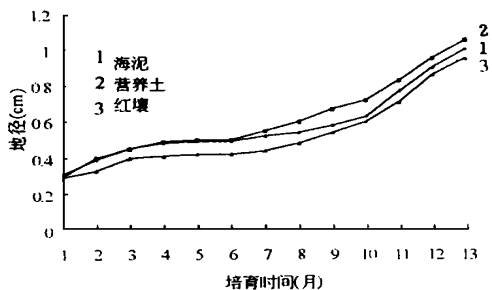


图 2 不同基质海桑地径生长过程

从图 1 可看出, 3 种基质的海桑幼苗高度生长过程大致相同, 即具有较明显的后期生长, 7 个月以前增长较慢, 8 至 12 个月生长速度较快, 随后生长减缓。红壤土的苗高生长量一直落后于营养土和海泥的苗高生长量, 营养土和海泥的苗高生长量在生长缓慢期趋于一致, 随着生长速度增长, 差距逐渐加大, 海泥的苗高生长量逐渐落后于营养土的苗高生长量。

从图 2 可知, 3 种基质的海桑幼苗地径与苗高的生长规律基本一致, 但生长速度前者明显低于后者。

3 种基质培育的海桑幼苗高度和地径生长均表现出较明显的 S 型累积过程, 为了更好地揭示海桑幼苗生长规律, 以苗高或地径为依变量($Y(t)$), 培育时间为自变量(t), 用 S 型曲线方程 $Y(t) = 1/(a + be^{-t})$ 分别对不同处理的海桑苗高和地径生长量进行回归分析, 主要回归参数及其检验结果见表 5。

表 5 不同基质培育海桑幼苗其苗高、地径 S 型曲线参数及检验结果

| 曲线参数 | 苗 高 | | | 地 径 | | |
|-----------|----------|----------|---------|----------|-----------|----------|
| | 营养土 | 海 泥 | 红壤土 | 营养土 | 海 泥 | 红壤土 |
| a | 0.033 1 | 0.035 1 | 0.044 0 | 1.589 8 | 1.801 8 | 1.911 6 |
| b | 2.203 9 | 1.631 7 | 2.331 4 | 38.162 1 | -25.081 4 | 35.895 9 |
| 相关系数 r | 0.936 7 | 0.897 1 | 0.896 2 | 0.828 9 | 0.630 6 | 0.703 9 |
| 剩余方差 Se | 0.000 15 | 0.000 14 | 0.000 3 | 0.144 1 | 0.348 8 | 0.250 9 |
| 回归方差 Sm | 0.011 61 | 0.006 36 | 0.013 0 | 3.479 8 | 1.503 1 | 3.078 8 |
| F 值 | 78.8** | 45.3** | 44.9** | 24.2** | 4.8* | 12.3** |
| 平均实测值(cm) | 370.6 | 359.2 | 290.8 | 8.2 | 7.8 | 7.0 |
| 平均推测值(cm) | 336.5 | 325.8 | 257.5 | 7.5 | 8.7 | 6.3 |
| 平均相对误差(%) | -9.2 | -9.3 | -11.5 | -8.6 | 12.1 | -9.7 |

回归关系显著性 F 检验结果表明, 6 条 S 型回归方程, 除海泥地径 S 型方程达显著水平外, 其余均达到极显著水平, 特别是 3 种基质苗高回归方程的相关系数(r)均大于 0.89, 而且推测误差亦较小。从表 5 知, 各种基质苗高、地径的推测值与实际值相比, 除红壤土苗高和海泥地径的相对误差超过 10% (分别为 -11.5% 和 12.1%) 外, 其余精度均在 90% 以上。可见采用 $Y(t) = 1/(a + be^{-t})$ 回归方程能较好地揭示海桑幼苗的苗高和地径生长过程。

2.2.2 海桑幼苗生长量与主要环境因子的关联分析 影响海桑幼苗生长的环境因子很多, 而这些因子对生长影响比较复杂, 各种因子虽然共同作用于苗木生长过程, 但作用却有主次。只有揭示出影响幼苗生长的主导因子, 并加以调控才能达到提高幼苗生长量的目的。

由于 3 种基质的地径、苗高生长规律相似, 故本文仅选用最佳基质营养土的袋苗(生产中

应用较普遍) 作研究对象, 对其地径、苗高与主要环境因子(表 6) 进行灰色关联分析^[3]。

表 6 海南东寨港主要环境因子月变化

| 年—月 | 海水盐度 (‰) | 气温 () | 月积气温 () | 地温 () | 月积地温 () | 降雨量 (mm) | 日照时数 (h) |
|-------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| 94—10 | 8.3 | 24.8 | 792.4 | 27.2 | 871.2 | 221.9 | 200.8 |
| 94—11 | 14.1 | 21.3 | 637.8 | 23.0 | 688.7 | 53.9 | 170.7 |
| 94—12 | 17.7 | 21.5 | 600.8 | 22.5 | 630.7 | 19.0 | 143.3 |
| 95—01 | 27.7 | 18.1 | 543.5 | 19.9 | 595.8 | 17.2 | 131.2 |
| 95—02 | 25.3 | 18.1 | 543.3 | 18.8 | 564.0 | 26.4 | 116.0 |
| 95—03 | 26.4 | 19.0 | 531.4 | 20.8 | 583.1 | 43.0 | 135.1 |
| 95—04 | 25.7 | 23.0 | 619.9 | 24.8 | 670.3 | 66.5 | 173.5 |
| 95—05 | 27.3 | 26.0 | 779.1 | 28.9 | 866.5 | 109.2 | 215.6 |
| 95—06 | 17.9 | 26.7 | 802.1 | 29.7 | 920.0 | 171.2 | 232.9 |
| 95—07 | 15.1 | 28.6 | 859.4 | 30.5 | 915.3 | 220.8 | 240.7 |
| 95—08 | 16.5 | 27.6 | 827.5 | 29.3 | 907.0 | 227.8 | 238.2 |
| 95—09 | 14.0 | 24.3 | 729.4 | 28.4 | 880.3 | 286.6 | 207.8 |
| 95—10 | 14.2 | 24.5 | 733.7 | 26.2 | 786.5 | 221.9 | 200.8 |

注: 各因子值为每月实际测定期间的均值或累加值; 除降雨量、日照时数为 8 年本地区气象台观测的平均值外, 其余均为苗圃实际观测值。

设总体特征数列的元素构成为:

$X_i = \{ \text{苗高(或地径)、海水盐度、气温、月积气温、地温、月积地温、降雨量、日照时数} \} = \{ X_i(k) \mid i = 0, 1, \dots, 7; k = 1, 2, \dots, 13 \}$, 取 X_0 为参考数列, X_1, X_2, \dots, X_7 为比较数列, 用下列公式计算各比较曲线与参考曲线在各时刻(K) 的关联系数:

$$\xi_i(k) = \frac{\min \min |X_0(k) - X_i(k)| + \rho \max \max |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)| + \rho \max \max |X_0(k) - X_i(k)|}$$

式中: $\min \min |X_0(k) - X_i(k)|$ 为 X_0 与 X_i 的二级最小绝对差; $\max \max |X_0(k) - X_i(k)|$ 为 X_0 与 X_i 的二级最大绝对差; ρ 为分辨系数, 通常取 0.5。

比较曲线(X_i) 对参考曲线(X_0) 的关联度计算公式则为: $\gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k)$ 。

各环境因子对地径、苗高的关联度计算结果见表 7。

表 7 主要环境因子与苗木生长量的灰色关联度 γ

| 环境因子 | 盐度 | 降雨量 | 气温 | 月积气温 | 地温 | 月积地温 | 日照时数 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 地径 | 0.642 9 | 0.617 6 | 0.569 7 | 0.557 9 | 0.559 5 | 0.542 3 | 0.562 9 |
| 苗高 | 0.647 9 | 0.622 7 | 0.620 0 | 0.618 8 | 0.618 5 | 0.617 1 | 0.618 0 |

根据关联分析原则, 关联度大的子序列与母序列的关系最密切。表 7 显示, 环境因子对地径生长影响顺序为: 海水盐度 > 降雨量 > 气温 > 日照时数 > 地温 > 月积气温 > 月积地温; 对苗高生长的影响顺序为: 海水盐度 > 降雨量 > 气温 > 月积气温 > 地温 > 日照时数 > 月积地温。可知, 地径、苗高生长均与海水盐度、降雨量关系密切。如下育苗事例亦可证实这一结果: 海南岛东寨港自然保护区曾于 1993 年 7 月播种海桑, 9 月下旬移入放在陆地上的营养土容器袋内培育, 每天浇淡水, 幼苗很快恢复并生长翠绿, 10 月中旬搬至另一海滩苗圃中培育, 由于该处海水盐度较高, 此时正值气候干旱, 海水盐度甚高 (> 25‰), 幼苗转入该苗圃后树叶逐渐变黄, 生长迟缓, 致使翌年下半年仅有 30% 的苗木能出圃造林。1994 年再次育海桑苗, 苗圃转移到办公

楼前有淡水渗透, 海水盐度较低, 并有淡水供应(接上自来水管, 当海水盐度较高或潮水涨不上来时浇水)的稀疏木榄天然林缘, 成功地培育了营养土袋苗 1 万多株, 出圃时苗木合格率达 90% 以上。此外, 从表 7 可看出, 气温这一因子在对地径和苗高的生长影响顺序中均排列第三, 且其与海水盐度、降雨量的关联度相比相差不大(尤其是与苗高之间的关联度), 可见气温这一因子亦不可忽视。气温在这里未成为影响幼苗生长的首要因子, 主要与海南省东寨港温度条件较适宜有关。对于海桑北移引种育苗, 温度则很可能上升为首要制约因子。

2.3 苗木防寒与出圃

2.3.1 苗木防寒 海桑为嗜热树种, 苗期忌冻害, 苗木越小, 抗寒性越差。气温的突然下降, 会使其落叶、枯顶或冻死。如海南东寨港 1994 年 7 月播种的海桑苗, 1995 年 1 月 6 日夜间气温降至 5.5~6.5℃, 且持续 6 h, 因采用了薄膜覆盖, 未出现寒害现象, 但在 2 月 10 日深夜从傍晚的 21℃ 突然降至 14℃, 却使苗木全部落叶; 1987 年 12 月寒潮袭击东寨港, 夜间气温骤降至 9℃, 因未覆盖薄膜, 3 000 多株 6 月龄的苗木全部死亡。故当气温低于 15℃, 苗床须搭起薄膜棚(两端留空隙, 让潮水畅流)防寒, 以保苗木越冬。

2.3.2 苗木分级与造林效果 根据苗木各生长量指标相关矩阵分析结果, 确定以地径为苗木第一分级指标, 苗高为第二指标。3 种基质袋苗出圃时苗木分级产量调查结果见表 8。表 8 显示, 营养土袋苗 I 级苗占 54.2%, II 级苗 44.2%, III 级苗 1.6%, I、II 级苗合计占 98.4%; 海泥袋苗 I 级苗占 11.6%, II 级苗 75.6%, III 级苗 12.8%, I、II 级苗合计占 87.2%; 红壤土袋苗仅有 I、II 级苗, 且 II 级苗占多数, 为 55%。从 3 种基质苗木分级所占比例, 进一步证明用土质疏松、营养均衡的配制营养土培育海桑幼苗效果最好, 海泥其次, 缺乏营养的红壤土不宜作育苗基质。

表 8 海桑苗木出圃调查与造林效果

| 苗木等级 | 分级标准 | | 各基质培育苗木产量(%) | | | 造林半年 | | |
|------|----------|--------|--------------|------|------|--------|---------|---------|
| | 地径(cm) | 苗高(cm) | 营养土 | 海泥 | 红壤土 | 成活率(%) | 幼林高(cm) | 地径(cm) |
| | > 1.0 | > 40 | 54.2 | 11.6 | 0 | 83.4 a | 109.3 a | 2.25 a |
| | 1.0, 0.7 | 40, 24 | 44.2 | 75.6 | 45.0 | 78.0 a | 90.7 b | 1.85 b |
| | < 0.7 | < 24 | 1.6 | 12.8 | 55.0 | 47.8 b | 49.0 c | 0.88 c |
| F 值 | | | | | | 11.8** | 880.4** | 154.8** |

从表中各级苗木造林半年后成活率、苗高和地径的均数差异检验结果看, I、II 级苗木造林成活率较高(I 级苗 83.4%, II 级苗 75.0%), 且幼林生长健壮, 而 III 级苗木造林成活率仅 47.8%, 其苗高和地径亦明显不如 I、II 级苗, 保存植株生长相当弱小, 难以抵御海滩恶劣生境。因此, 为了保证造林用苗质量, 出圃造林时应做好苗木分级工作。

3 结语与建议

(1) 海桑在海南省东寨港有较明显的两次花果盛期, 果实采集以第一次果成熟的 7~8 月份为最佳。

(2) 试验表明, 海桑种子在客土(营养土)和本土(海泥)两种基质上的场圃发芽率分别为 70.3% 和 68.0%, 两者差异不明显, 但由于前者土质疏松, 营养均衡, 苗床培育 60 d 后的幼苗高度比前者高出 26.8%。因此, 对于土质比较硬实的海滩中, 须用客土作床育苗; 对于土质松

软、肥沃的海滩亦可直接用本土作床育苗。

(3) 试验证明, 容器育苗使用不同的基质, 具有不同的效果。配制的营养土 N、P、K 含量丰富, 且土质疏松, 有利于幼苗生长, 出圃时苗木合格率高达 98.4%; 海泥由于缺乏速效 P, 次之; 红壤土缺乏营养, 所培育苗木生长最差, 不宜采用。

(4) 海桑幼苗从当年移植入袋起, 至翌年的苗高、地径生长过程具较明显的后期生长, 即入袋后的 1 年中前 7 个月增长较慢, 8~12 个月生长速度较快, 随后开始减缓。用 $Y(t) = 1/(a + be^{-t})$ 的 S 型曲线方程, 能够较好地反映其苗高、地径的生长动态规律。

(5) 灰色关联分析结果表明, 影响海桑幼苗地径、苗高生长的主导因子为海水盐度和降雨量。因此, 在选择苗圃地时, 应尽量选在有河流交汇、海水盐度较低的淤泥海滩中, 并在天气干旱、海水盐度大的月份, 适量浇些淡水冲淡盐分, 保证幼苗茁壮成长。

(6) 海桑为嗜热树种, 苗期易受寒害, 当气温低于 15℃, 苗圃应搭塑料薄膜棚防寒。

参 考 文 献

- 1 廖宝文, 郑德璋, 郑松发, 等. 红树植物海桑种子发芽条件的研究. 中南林学院学报, 1997, 17(1): 25~31.
- 2 邹效孟编著. 农业物候学. 北京: 农业出版社, 1983.
- 3 邓聚龙. 灰色系统基本方法. 武昌: 华中工学院出版社, 1987. 17~42.
- 4 陈瑁编著. 苗木培育. 北京: 中国林业出版社, 1984. 120~127.

The Studies on Seedling Nursing Techniques of *Sonneratia caseolaris* and Its Seedling Growth Rhythm

Liao Baowen Zheng Dezhang Zheng Songfa
Li Yun Zheng Xinren Huang Zhongqi

Abstract The paper deals with seed collection period, seed sowing, seedling nursing techniques, seedling growth rhythm and essential environmental factors on *Sonneratia caseolaris*. The results have shown that July to August are the best period for the seed collection in Dongzhai Harbor of Hainan Province. Both sea mud and nutritive soil can be used for sowing bed, but the latter seedling height was 26.8% higher than that of the former before transplanting. The best container substrate is the mixed nutritive soil, on which, the seedlings grow very well and the seedling certified rate can reach to 98.4% when lifted from nursery, the sea mud that is short of phosphorus is the second, and the red soil that is short of nutrient is the third. The anaphase growth has evidently presented in the annual growth period of seedling height and basal diameter, and the growth rhythm can be analyzed by the equation $Y(t) = 1/(a + be^{-t})$. It has been revealed by using grey relation analysis method that the sea water saltness and rainfall are the essential environmental factors affecting the seedling growth.

Key words mangrove *Sonneratia caeseolaris* seedling nursing technique growth rhythm grey relation analysis